

1. はじめに

二次部材のエネルギー吸収により，構造全体の変形能を向上させることによって，橋梁の部分的な損傷が発生しても構造全体の致命的な崩壊を防ぐことを目的とした研究がある．宇佐美¹⁾らは，二次部材を鋼管で囲み，全体座屈を防ぐことによって変形能を改善する方法を提案している．

本研究では，鋼管で拘束された部材が正負繰り返し荷重を受ける場合の履歴曲線を解析的に明らかにする．また，その結果が実験と整合がとれたものであるかを確認する．

2. 解析モデル

実験結果をみると，全体座屈が防止され，局所座屈が供試体全体にわたって複数発生しており，その局所座屈は一定の長さ区間で発生しているのが確認できる．そこで局所座屈発生区間を取り出し，実験と類似した局所座屈を再現できれば，実験結果を解析的に表現できると考えた．基本となるモデルを図-1 に示し，その寸法を表-1 に示す．要素は 4 節点アイソパラメトリックシェル要素で，フランジ幅 B は 8 分割，ウェブ高さ H は 11 分割，軸方向 L は 10 分割とした．

材料構成則は，二曲面モデルにより材料的非線形を考慮し，あわせて幾何学的非線形も考慮した複合非線形問題とする．

3. 境界条件

フランジの AC , BD , $A'C'$, $B'D'$ 辺およびウェブ EE' , FF' 辺は，ともに面外たわみに対して単純支持としている．载荷条件については，モデルの端断面(BD , $B'D'$, FF' 辺)の軸方向変位を拘束し，他端(AC , $A'C'$, EE' 辺)に軸方向繰り返し強制変位を与えた．さらに拘束管によってフランジの AB , CD , $A'B'$, $C'D'$ は弱軸方向への変位を止められていることから，解析でも弱軸方向への変位を止めた．

一般に H 型鋼が局所座屈を起こすと，フランジは例えば，面 $AEFB$ ，面 $A'E'F'B'$ はウェブ側へ変形し，面 $EFDC$ ，面 $E'F'D'C'$ はウェブの反対側へ変形する．それに対応し，ウェブはフランジとウェブとの接合辺が角度を保持するようにたわみ，図-2 のように変形する．そこで今回の解析では，フランジの半分の領域となる面 $EFDC$ ，面 $E'F'D'C'$ の面外

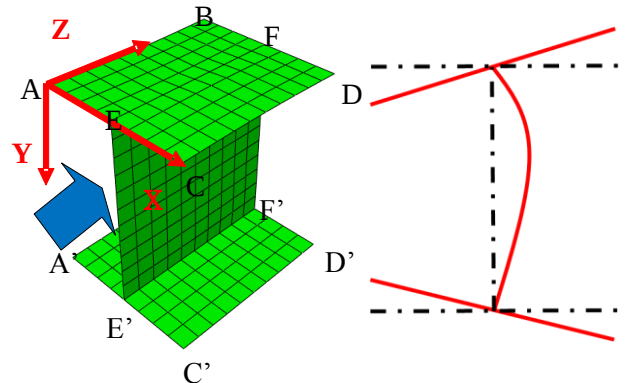


図-1 解析モデル図

図-2 局所変形状態

表 - 1 解析の基本となるモデル

フランジ幅 B	ウェブ高さ H	軸方向長さ L	フランジ厚 t_f	ウェブ厚 t_w
94mm	107.5mm	110mm	4.3mm	4.3mm

たわみを拘束した．

4. 解析結果

図-3 は基本のモデルから得られた履歴曲線である．引張側でループ数が増えるにつれ，剛性低下は小さい荷重で発生している．この引張時の剛性低下は，圧縮時に塑性域に入ることによって生じた変位が除荷しても完全に戻ることができず(残留変位)，変位が残った状態で引っ張ることによって起こる現象である．ループ数が大きいほど剛性低下が早期から発生するのは高次ループほど残留変位が大きくなるからである．

また図-3 の 2 ループ目以降では，降伏が生じ圧縮の際には塑性域に達すると局部座屈が発生する．解析中でフランジ内側への変位を拘束していないため，座屈変位の増大に伴って耐力は低下している．これに対し，実験結果の引張域での剛性の低下は解析よりも大きくなっている．

先に説明したモデルは実験によって局部座屈が発生していた部位を取り出してモデル化しているが，実際は約 1.8m の供試体であり，複数個所で局部座屈が発生したことを確認している．すなわち，実験では複数の局所座屈の発生により，圧縮から引張りに転じた際の剛性低下が非常に顕著に表れるのに対し，複数の局所座屈を考慮していない解析では，剛性の低下が実験結果よりも小さくなっている．また圧縮域での耐力は，局部座屈の発生に

より一旦低下するが、変形がある程度進むと、再び伸び剛性が大きくなり耐荷力が増加する現象がみられる。この現象は、座屈変形が大きくなることによってフランジがフランジ内側にある拘束管と接触し、フランジ内側へ生じるたわみが拘束管により抑制されることが原因で起こると考えられる。

そこで引張時の剛性低下をより実験結果に近似させるため基本モデル長から5倍にし、複数の局部座屈が発生させる解析を行った。解析結果を図-4に示し、モデル図と変形図を図-5に示す。また、複数の局部座屈が発生させるのに加え、圧縮時の剛性の変化をとらえるために拘束管を剛体要素として定義し、拘束管と接触させた解析によって得られた履歴曲線を図-6に示す。

図-4からモデル長を長くすることによって、実験で発生した引張時の剛性低下を表現することができていることが確認できた。また、図-6から、拘束管との接触現象を考慮することによって一度剛性が低下した後、再び剛性が増加する現象を再現することができていることがわかる。

5. 結論

今回のように、二次部材を鋼管で囲むことによって座屈を防ぎ、変形能を改善した際の履歴特性を解析によって求めるにあたり、引張時の剛性低下を表現するには複数の局所座屈が発生させる必要がある。また圧縮域で、耐荷力が局部座屈の発生により一旦低下した後、接触によって伸び剛性が大きくなり耐荷力が増加する現象を表現するためには、拘束管との接触を考慮する必要がある。

全体モデルでは解析に多大な時間を要するため、モデル長を短くして解析を行ったが、局所座屈を複数再現させることによって実験結果との整合を図ることができた。

参考文献

1) 宇佐美勉・加藤基規・葛西昭：制震ダンパーとしての座屈拘束ブレースの要求性能，構造工学論文集

Vol.50A(2004年3月)

謝辞

本研究を進めるにあたり、NEXCO 西日本の本荘氏が行っている実験のデータの一部を使用させていただきました。ここに記して感謝いたします。

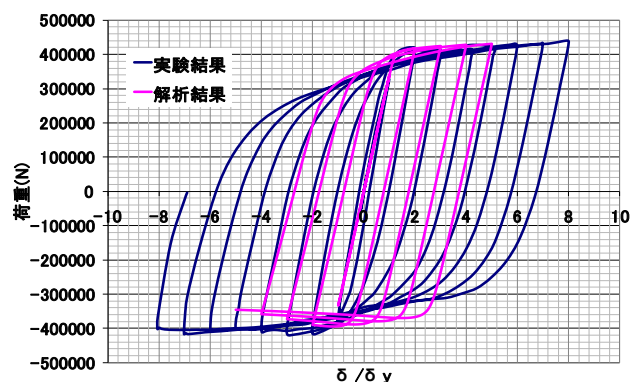


図-3 基本のモデルから得られた履歴曲線

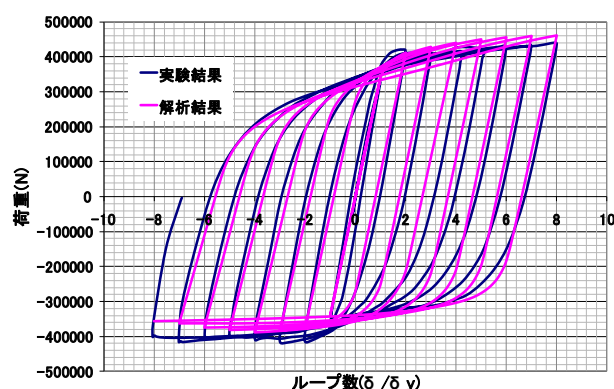


図-4 部材長5倍のモデルから得られた履歴曲線

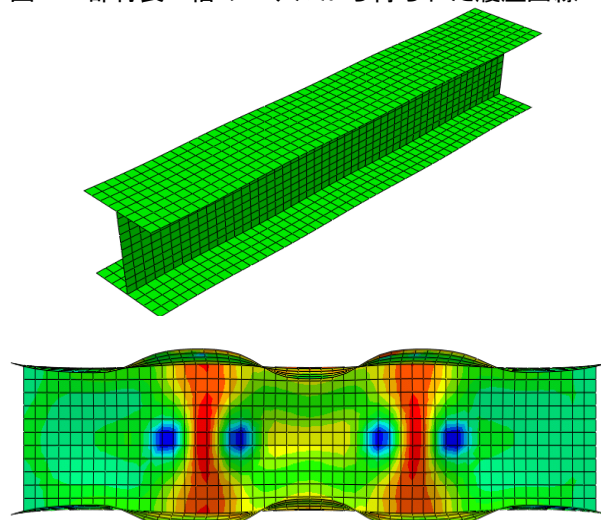


図-5 モデル図と変形図

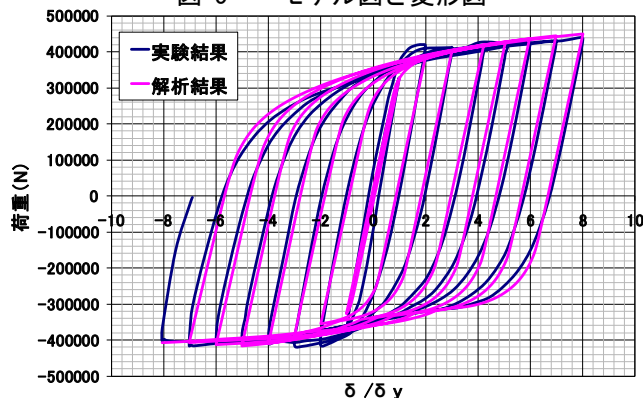


図-6 接触現象を考慮した履歴曲線